第38卷 第3期
2021年5月

干 旱 区 研 究
ARID ZONE RESEARCH

Vol. 38 No. 3
May 2021

柴达木盆地夏季暴雨灾害风险区划及其影响

刘义花[1]， 李红梅[1]， 温婷婷[1]， 申红艳[1]， 韩忠全[2]， 朱宝文[3]

（1. 青海省气候中心，青海 西宁 810001；2. 久治县气象局，青海 久治 624700；
3. 青海省气象干部培训学院，青海 西宁 810001）

摘 要： 基于1961—2018年柴达木盆地10个气象台站观测资料，分析了柴达木盆地极端强降水量、强降水日数的时空演变特征，定量化分析了柴达木盆地不同量级暴雨灾害的影响程度，结果表明：(1) 1961—2018年柴达木盆地夏季(6—8月)降水呈增多趋势，增幅为7.5 mm·(10a)$^{-1}$，极端强降水次数亦呈增多趋势，增幅为2次·(10a)$^{-1}$，尤其是近10 a来，夏季极端强降水次数增多尤为明显，年平均强降水次数为17次，与1981—2010年平均值相比偏多6次。(2) 柴达木盆地因强降水诱发的暴雨灾害次数总体呈增多趋势，增幅为2.5次·(10a)$^{-1}$，进入21世纪以来增加尤为明显，都兰、乌兰、天峻及德令哈是暴雨灾害出现次数最多的地区。(3) 暴雨灾害风险区划结果：夏季柴达木盆地天峻县(舟群乡、快尔玛乡、木里镇、新源镇、江河镇)为极端强降水诱发的暴雨灾害高风险区；德令哈(蓄集乡、尕海镇)、乌兰县(铜普镇、柯柯镇及茶卡镇)、都兰县(香加乡、热水乡、沟里乡、香日德镇、夏日哈镇、察汗乌苏镇)为暴雨灾害较高风险区，针对暴雨灾害风险级别和影响范围，定量化分析了柴达木盆地暴雨灾害对GDP、人口、土地利用类型的影响程度。

关键词： 强降水；暴雨灾害；影响；柴达木盆地

柴达木盆地位于青藏高原北部，是我国内陆大型山间断陷盆地，被阿尔金山、祁连山和昆仑山所环绕的不规则菱形区域。目前，全球气候变化已是不争的事实，由于极端事件(暴雨、干旱、低温冷害等)对气候变化更为敏感，对生态系统和人类社会的影响也更为显著，受到了国内外高度关注[1]。近30 a柴达木盆地气温和降水量增加趋势明显强于青藏高原腹地，是青藏高原气候变化的敏感区，其气候变化呈现暖湿化趋势，同时亦存在着一定的空间差异性[2-5]。此外，青海省极端天气事件明显增多，降水呈现极端化发展的趋势，尤其是柴达木盆地极端强降水事件增多趋势明显，且降水强度普遍有所增加，盆地内春、夏两季降水量多于秋、冬两季，其中夏季降水量增加明显，且夏季降水量占全年降水量的67.7%。由于区域内人口、工业、农业主要分布在柴达木盆地中东部，这与降水量增加明显区域分布一致，因此加强柴达木盆地极端气候研究，对该地区暴雨灾害防御和经济持续发展均有重要的现实意义。从当前柴达木盆地气候变化的研究进展来看，段水强[6]、徐浩杰等[7]、卢娜[8]利用卫星资料发现柴达木盆地2010年湖泊面积最大，2015年萎缩明显；李博等[9]利用MODIS数据研究表明柴达木盆地植被整体上趋于改善以及植被对气候要素响应的区域差异性显著；李红梅[10]基于卫星遥感资料研究了1982—2016年柴达木盆地四周高寒区和盆地内干旱荒漠区植被NDVI值均呈显著上升趋势；尹文杰等[11]发现柴达木盆地中部干旱状况最为严重，东部边缘和西北部干旱频次相对较少；郭晓宁等[12]、鲍锋等[13]、张占峰等[14]发现近50 a来柴达木盆地风速、春季沙尘暴以及扬沙呈明显减小趋势。此外还有很多学者从极端气候、气温等不同角度对柴达木盆地极端气候变化开展了研究，然而在强降水、暴雨灾害等问题的研究尚存一些不足：一是以往研究时段偏早，不能客观的反映该区域气候变化的事实；二是降水、强降水方面研究较少；三是强降水诱发的暴雨灾害风险评估的研究时段偏早。基于以

收稿日期： 2020-08-11； **修订日期：** 2021-04-04
基金项目： 青海省科技厅基础研究项目(2021-ZJ-757)；中国科学院寒旱区陆面过程与气候变化重点实验室开放基金(LPCC2019009)
作者简介： 刘义花(1979-)，女，硕士研究生，高级工程师，主要从事气候变化研究. E-mail: yihualiu12@126.com
通讯作者： 申红艳. E-mail: 66076253@qq.com

上认识,参考在暴雨洪涝灾害风险评估与区划[15-20]及强降水方面[21-25]的已有成果,本文利用1961—2018年柴达木盆地气象台站资料、暴雨灾害数据及社会经济统计年鉴数据,分析了研究区域强降水变化的最新客观事实,探讨了强降水诱发的暴雨灾害风险范围,并揭示了不同量级暴雨灾害的影响程度,研究成果为柴达木盆地暴雨灾害预警及防灾减灾、资源的持续开发提供参考和科学依据。

1 数据与方法

1.1 数据

选取柴达木盆地1961—2018年6—8月降水和气温资料,气象资料考虑到台站迁徙和资料的稳定性,选取了天峻、德令哈、乌兰、都兰、格尔木、大柴旦、冷湖、茫崖、诺木洪和小灶火共10个气象台站1961—2018年日降水数据进行强降水次数及强降水量分析。此外采用《2016年青海省统计年鉴》数据及1990—2018年柴达木盆地暴雨灾害数据来揭示强降水引发的暴雨灾害对GDP、土地利用类型、人口的影响程度。

1.2 研究方法

文中采用百分位法定义柴达木盆地各站极端强降水事件的阈值,将1961—2018年6—8月降水量大于0.1 mm的降水日数按升序排列,取95%分位降水量值作为该测站极端强降水量的阈值,当某日该站降水量大于或等于该阈值时记为一个极端强降水日。同时采用了线性趋势法、相关分析、滑动平均方法[26],分析气候要素的变化趋势、显著性检验及波动变化,柴达木盆地按照县、乡镇为单元统计人口、GDP及土地利用类型数据,基于地理信息系统,分别加载人口、土地利用类型、GDP图层,采用克里金插值方法处理成分辨率为30 m×30 m的地理信息图层,以便于暴雨灾害风险区划结果的影响分析。此外,暴雨灾害风险受致灾因子危险性、承灾体易损性两个主要因子共同影响,由于各风险因子对风险形成的影响作用不同,暴雨灾害风险指数计算公式如下:

$$\mathrm{FDRI} = (\mathrm{VH}) \times (\mathrm{VS}) \tag{1}$$

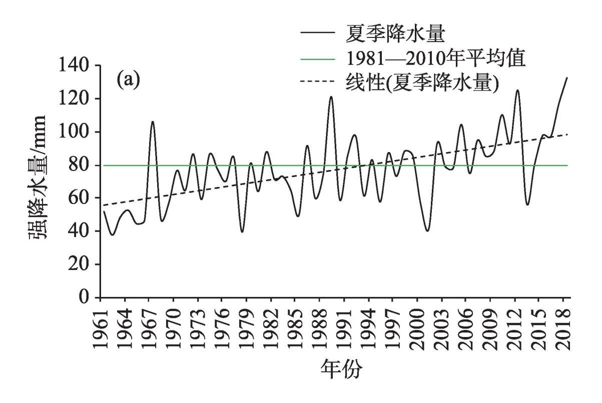
式中:FDRI为暴雨灾害风险指数;VH为致灾因子危险性指数;VS为承灾体易损性指数。

2 结果与分析

2.1 暴雨灾害致灾因子分析

2.1.1 降水增多趋势显著 1961—2018年柴达木盆地夏季平均降水量为77.1 mm,呈明显增多趋势,增幅为7.5 mm·(10a)$^{-1}$,其中2002年以来增多尤为明显,2002—2018年平均降水量较1961—2001年平均值增加35.5%(图1a)。从柴达木盆地降水空间分布变化来看(图1b),茫崖、冷湖降水量呈减少趋势,减少幅度0.5~0.6 mm·(10a)$^{-1}$,其余地区均呈增多趋势,增多幅度1.4~18.9 mm·(10a)$^{-1}$。综上所述,柴达木盆地西部地区降水减少趋势明显,盆地中东部降水呈明显增多趋势。

2.1.2 极端强降水次数明显增加 近58 a来,柴达木盆地平均极端强降水次数11次,且呈增加趋势,每10 a增加2次(图2a)。20世纪60—90年代平均极端强降水次数分别为5次、12次、10次、11次,但自2000年以来,平均极端强降水次数为14次,尤其是近10 a来,平均极端强降水次数达17次,较1981—2010年平均值增多6次。从各月极端强降水



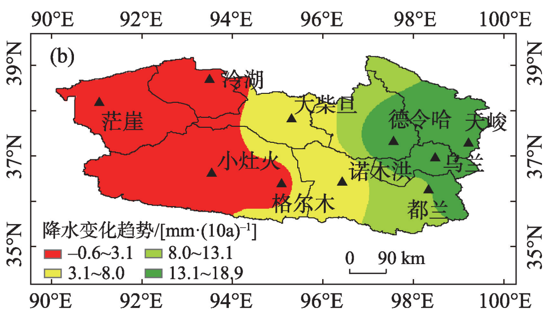


图1 1961—2018年柴达木盆地夏季降水量变化和降水变化趋势空间分布

Fig. 1 Variation of precipitation and its variation trend in summer in Qaidam Basin from 1961 to 2018

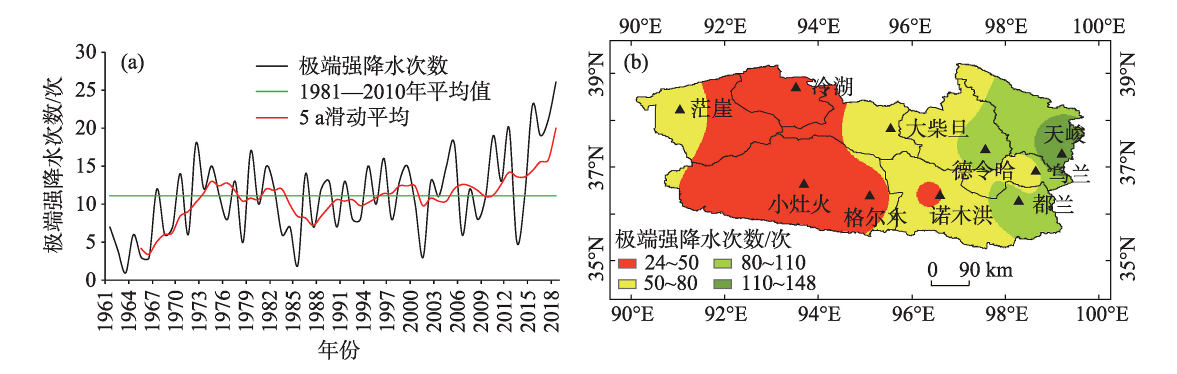


图2 1961—2018年柴达木盆地夏季强降水次数变化和极端强降水次数空间分布

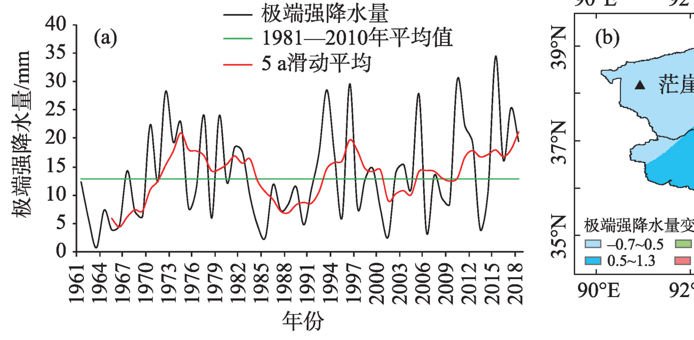
Fig. 2 Variation of extreme precipitation times and its distribution in summer in Qaidam Basin from 1961 to 2018

次数的占比来看,6月、7月、8月平均极端强降水次数占总次数百分比依次为34.7%、38.8%、26.4%。从极端强降水总次数空间分布来看(图2b),冷湖、小灶火极端强降水次数为24~40次,茫崖、大柴旦、格尔木、诺木洪、乌兰次数为44~61次,德令哈、天峻、都兰次数为85~148次。综上所述,近58 a来柴达木盆地极端强降水次数自西向东增加,夏季初期和中期极端强降水出现的几率大;此外,进入21世纪以来,柴达木盆地极端强降水次数增加尤为明显,说明柴达木盆地暖湿化趋势明显,且降水的极端性显著增加。

2.1.3 极端强降水量呈增多趋势 1961—2018年,柴达木盆地极端强降水量总体呈增多趋势,每10 a增加1.3 mm(图3a)。期内呈阶段性波动变化,20世纪60—90年代极端强降水量分别为7.0 mm、17.9 mm、10.5 mm、15.1 mm,21世纪以来极端强降水量15.6 mm,近10 a来极端强降水量为19.1 mm。从极端强降水量的空间分布来看(图3b),除茫崖、乌兰气象站降水无明显变化趋势外,其余地区极端强降水量均呈明显增加趋势,其中德令哈、小灶火、大柴旦、格尔木气象站点极端强降水量增加0.8~1.6 mm·$(10a)^{-1}$,天峻、诺木洪、都兰气象站点极端强降水量增加1.9~5.6 mm·$(10a)^{-1}$,其中天峻增幅最大。

2.2 暴雨灾害主要承灾体分布

柴达木盆地夏季强降水易引发暴雨灾害,考虑到暴雨灾害对人口、GDP、土地利用类型的影响最为密切,因此,针对这3个方面开展定量化影响分析,从而进一步理清暴雨灾害对人口、GDP和土地利用类型的影响程度(图4)。依据2016年青海省统计年鉴数据,柴达木盆地人口为41.3×10^4人,国内生产总值为517.7×10^8元,土地面积约25.3×10^4 km^2。茫崖市、冷湖镇、大柴旦行政区土地利用类型以沙地、戈壁、裸土地为主,格尔木市东部、都兰县、德令哈市、乌兰县以耕地、滩涂及建设用地为主,天峻县以草地、旱地、雪地及滩涂为主。柴达木盆地人口和主要农作物适宜种植区均分布于柴达木盆地中东部气候资源较好的低海拔地区。研究区内盐湖、天然气、石油、钾肥等矿产资源丰富,在极端强降水量及次数增加明显的趋势下,其对经济、人口、土地利用类型的影响与日俱增。



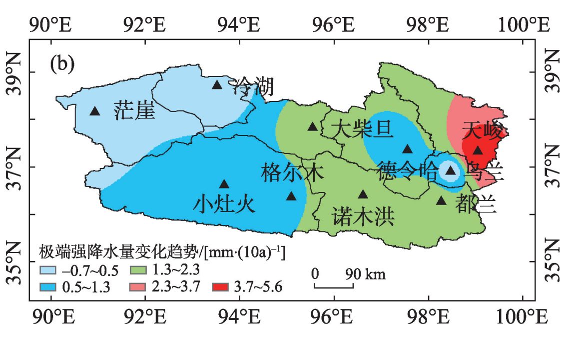


图3 1961—2018年柴达木盆地夏季极端强降水量变化曲线和极端强降水变化趋势空间分布

Fig. 3 Variation of extreme rainfall and its variation trend in summer in Qaidam Basin from 1961 to 2018

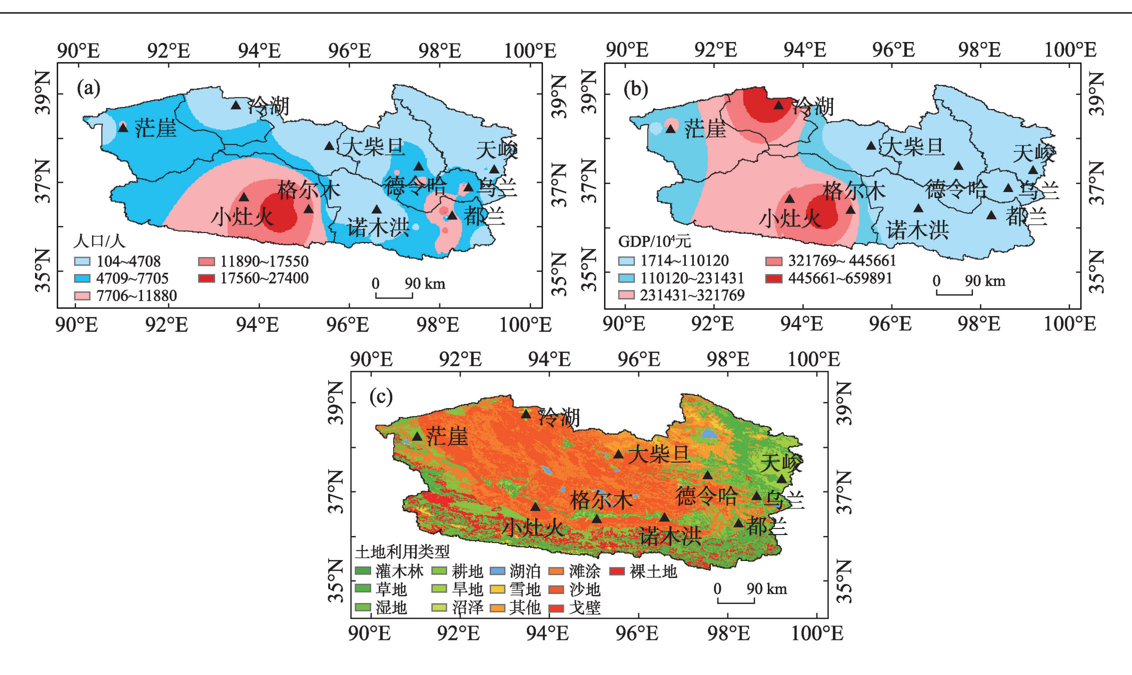


图4　柴达木盆地人口、GDP和土地利用类型的空间分布

Fig. 4　Spatial distribution of population, GDP and land use types in Qaidam Basin

2.3　暴雨灾害变化特征

极端强降水量是导致暴雨灾害发生的主要原因，从1990年以来柴达木盆地夏季出现灾损的暴雨灾害次数年际变化可知(图5a)，柴达木盆地出现暴雨灾害的次数总体呈增多趋势，增幅为2.5次·(10a)$^{-1}$，其中90年代暴雨灾害次数为2次，处于低发阶段，但进入21世纪以后暴雨灾害次数达到8次，增多明显，期内虽在2014年暴雨灾害次数有所减少，但之后又开始逐渐增多。从暴雨灾害次数空间分布来看(图5b)，柴达木盆地各地暴雨灾害次数0~37次，其中都兰县、乌兰县、天峻县及德令哈市是柴达木盆地暴雨灾害的高发区，发生次数30~37次；大柴旦行政区、格尔木市发生次数6~13次，是柴达木盆地暴雨灾害的次多区；茫崖行政区、冷湖镇是柴达木盆地暴雨灾害的最少区，发生次数0~1次。

2.4　暴雨灾害风险区划

柴达木盆地暴雨灾害风险区划中把极端强降水量及强降水次数作为致灾因子，孕灾环境主要考虑海拔高度，承灾体易损性主要考虑人口和GDP，通过计算研究区各台站极端强降水量及强降水次数，应用GIS技术，利用克里金插值法建立极端强降水量和强降水次数的矢量图层，加载经度、纬度、海拔3个矢量图层，并通过矢量图层的叠加和计算，得到暴雨灾害风险区划图。通过柴达木盆地暴雨灾害风险区划图可知(图6)，柴达木盆地天峻县(舟群乡、快尔玛乡、木里镇、新源镇、江河镇)为暴雨灾害高风险区；德令哈(蓄集乡、尕海镇)、乌兰县中东部(铜普镇、柯柯镇、茶卡镇)、都兰县(香加乡、热水乡、沟里乡、香日德镇、夏日哈镇、察汗乌苏镇)为暴雨灾害较高风险区；德令哈市(怀头他拉镇)、都兰

(a)
— 暴雨洪涝灾害次数　---- 1981—2010年平均值
暴雨洪涝灾害次数/次
年份

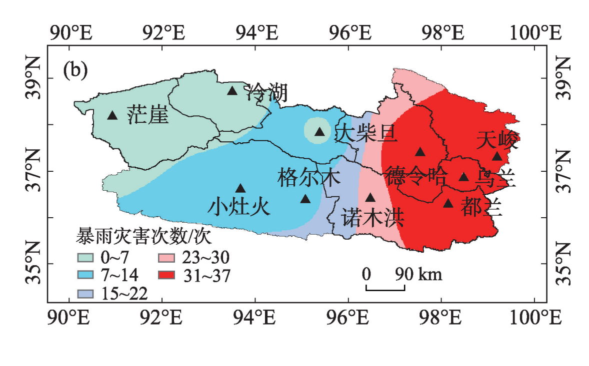


图5　柴达木盆地暴雨灾害次数年际变化及空间分布

Fig. 5　Inter-annual variation and spatial distribution of rainstorm disasters in Qaidam Basin

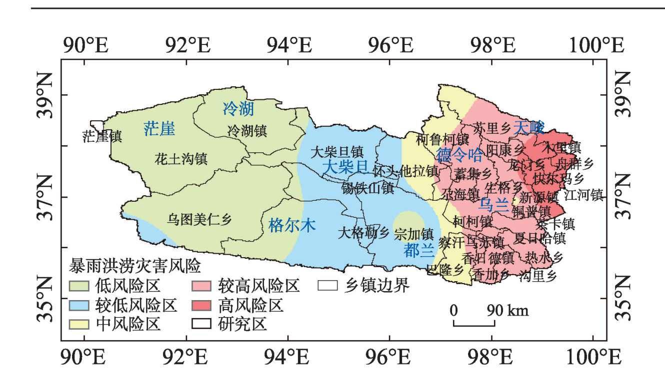


图6 柴达木盆地暴雨洪涝灾害风险区划空间分布

Fig. 6 The distribution of rainstorm disasters risk zone in Qaidam Basin

县(巴隆乡)为暴雨灾害中风险区;都兰县(宗加镇)、格尔木市的大格勒乡及大柴旦(大柴旦镇、锡铁山镇)为暴雨灾害较低风险区;茫崖(花土沟镇)、冷湖(冷湖镇)、格尔木市(乌图美仁乡)为暴雨灾害低风险区。

2.5 暴雨灾害的影响分析

致灾因子的危险性仅反映了暴雨可能产生的危害大小,而实际造成的危害程度还与承灾体的情况有关。暴雨灾害将对柴达木盆地人口、农牧业生产以及经济发展造成严重影响。因此,本文结合强降水分布特点及历史暴雨灾害数据,开展了暴雨灾害的影响分析。由柴达木盆地极端强降水诱发的暴雨灾害对GDP、人口、土地利用类型面积的影响可知(表1),柴达木盆地暴雨灾害高风险区对GDP、人口、土地利用类型面积造成的影响分别为57.7×10^8元、9063人、0.63×10^4 km^2;暴雨灾害较高风险区对GDP、人口、土地利用类型面积的影响分别为50.6×10^8元、77612人、2.94×10^4 km^2;暴雨中风险区对GDP、人口、土地利用面积的影响分别为40.9×10^8元、88080人、4.58×10^4 km^2,暴雨较低风险区对GDP、人口、土地利用类型面积的影响分别为130.5×10^8元、91573人、4.61×10^4 km^2,综上所述,随着柴达木盆地降水量和降水次数的增加,对国民经济的影响会越来越严重,而对人口、土地利用类型面积却主要集中在较低风险区域和中风险区划,因此要根据柴达木盆地降雨量和易引发暴雨灾害区域,合理规划,注重加强暴雨灾害防御。

表1 暴雨灾害对人口、GDP和土地利用类型的影响

Tab. 1 The evaluation of heavy rainfall disasters for population, GDP and land use in Qaidam Basin

名称	低风险区	较低风险区	中风险区	较高风险区	高风险区
GDP/10^8元	357.0	130.5	40.9	50.6	57.7
人口/人	110051	91573	88080	77612	9063
土地利用/10^4 km^2	12.92	4.61	4.58	2.94	0.63

注:因数据、站点稀疏以及空间插值的方法等原因,暴雨灾害影响的计算误差在10%以内。

3 结 论

柴达木盆地是青藏高原气候变化的敏感区,通过对研究区气候变化的极端事实特征分析,较科学、合理地为柴达木盆地气候变化、生态环境变化等提供科学依据和参考价值,此外本文引入气象灾害风险概念,探讨了极端强降水诱发的暴雨灾害风险范围和程度,分析了暴雨灾害对GDP、人口、土地利用类型面积的影响,主要结论如下:

(1) 柴达木盆地作为气候变化的敏感区,夏季降水增多趋势明显,每10 a增加7.5 mm,其中,柴达木盆地西部局部呈减少趋势,而盆地中东部降水增加趋势明显;极端强降水次数呈西少东多空间分布,总体呈增加趋势,每10 a增加2次,柴达木盆地暖湿化进程明显,且降水的极端性增加。

(2) 1990年以来,柴达木盆地出现暴雨灾害的次数总体呈增加趋势,增幅为2.5次·$(10a)^{-1}$,尤其是进入21世纪以来暴雨灾害明显增多,暴雨灾害的影响与日俱增。

(3) 随着柴达木盆地降水量和降水次数的增加,天峻县、德令哈市、乌兰县中东部和都兰县是暴雨灾害的高风险区域,对人口、土地利用类型面积以及GDP产生较大影响,因此要根据柴达木盆地暴雨灾害风险区划结果,合理规划,注重加强夏季暴雨灾害高风险区域和较高风险区域的灾害防御,对低风险区域和较低风险区划制定相应对策和措施,避免或降低暴雨灾害对人口、经济等造成严重损失。

参考文献(References):

[1] 葛根巴图, 魏巍, 张晓, 等. 柴达木盆地极端气候时空趋势及周期特征[J]. 干旱区研究, 2020, 37(2): 304-313. [Gegen Batu, Wei Wei, Zhang Xiao, et al. Spatiotemporal trends and periodic features of climate extremes over the Qaidam Basin, China, during 1960-2014[J]. Arid Zone Research, 2020, 37(2): 304-313.]

[2] 李林, 申红艳, 李红梅, 等. 柴达木盆地气候变化的区域显著性及其成因研究[J]. 自然资源学报, 2015, 30(4): 641-650. [Li Lin, Shen Hongyan, Li Hongmei, et al. Regional differences of climate change in Qaidam Basin and its contributing factors[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(4): 641-650.]

[3] 林厚博, 游庆龙, 焦洋, 等. 基于高分变率格点观测数据的青藏高原降水时空变化特征[J]. 自然资源学报, 2015, 30(2): 273-281. [Lin Houbo, You Qinglong, Jiao Yang, et al. Spatial and temporal characteristics of the precipitation over the Tibetan Plateau from 1961 to 2010 based on high resolution Grid-observation dataset[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(2): 273-281.]

[4] 李林, 王振宇, 秦宁生, 等. 近1100年来柴达木盆地干湿气候演变特征及趋势预测[J]. 高原气象, 2005, 24(3): 326-330. [Li Lin, Wang Zhenyu, Qin Ningsheng, et al. Characteristics and tendency forecasting of dry/wet climate evolution over Caidamu Basin in recent 1100 years[J]. Plateau Meteorology, 2005, 24(3): 326-330.]

[5] 戴升, 申红艳, 李林, 等. 柴达木盆地气候由暖干向暖湿型的变化特征分析[J]. 高原气象, 2013, 32(1): 211-220. [Dai Sheng, Shen Hongyan, Li Lin, et al. Analysis on climatic transition characteristic from warm-dry to warm-wet in Tsaidam Basin[J]. Plateau Meteorology, 2013, 32(1): 211-220.]

[6] 段水强. 1976—2015年柴达木盆地湖泊演变及其对气候变化和人类活动的响应[J]. 水土保持研究, 2018, 30(1): 256-265. [Duan Shuiqiang. Lake evolution in the Qaidam Basin during 1976-2015 and their changes in response to climate and anthropogenic factors[J]. Journal of Lake Science, 2018, 30(1): 256-265.]

[7] 徐浩杰, 杨太保. 1981—2010柴达木盆地气候要素变化特征及湖泊和植被响应[J]. 地理科学进展, 2013, 32(6): 868-879. [Xu Haojie, Yang Taibao. Climate factors change and its impact on lake and vegetation growth in the Qaidam Basin during 1981-2010 [J]. Progress in Geography, 2013, 32(6): 868-879.]

[8] 卢娜. 柴达木盆地湖泊面积变化及影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(8): 83-87. [Lu Na. Change of lake area in Qaidam Basin and the influence factors[J] Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(8): 83-87.]

[9] 李博, 曾彪, 杨太保. 1982—2015柴达木盆地不同流域植被气候响应差异[J], 干旱区地理, 2018, 41(3): 449-458. [Li Bo, Zeng Biao, Yang Taibao. Different correlations between NDVI and climate factors in different watershed over Qaidam Basin from 1982-2015[J]. Arid Land Geography, 2018, 41(3): 449-458.]

[10] 李红梅. 柴达木盆地气候变化对植被的影响分析[J]. 草业学报, 2018, 27(3): 13-23. [Li Hongmei. Analysis on the impact of climate change on vegetation in the Qaidam Basin[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2018, 27(3): 13-23.]

[11] 尹文杰, 张梦琳, 胡立唐. 柴达木盆地干旱时空变化特征[J]. 干旱区研究, 2018, 35(2): 387-394. [Yin Wenjie, Zhang Menglin, Hu Litang. Spatiotemporal variation of drought in the Qaidam Basin[J]. Arid Zone Research, 2018, 35(2): 387-394.]

[12] 郭晓宁, 杨延华, 马元仓, 等. 柴达木盆地春季沙尘暴变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(8): 107-113. [Guo Xiaoning, Yang Yanhua, Ma Yuancang, et al. The characteristics of the sandstorm weather in Qaidam Basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2018, 32(8): 107-113.]

[13] 鲍锋, 董治宝, 张正偲. 柴达木盆地风沙地貌区风况特征[J]. 中国沙漠, 2015, 35(3): 549-554. [Bao Feng, Dong Zhibao, Zhang Zhengcai. Wind regime in the Qaidam Basin desert[J]. Journal of Desert Research, 2015, 35(3): 549-554.]

[14] 张占峰, 张焕平, 马晓萍. 柴达木盆地平均风速与大风日数的变化特征[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(10): 90-94. [Zhang Zhanfeng, Zhang Huanping, Ma Xiaoping. Change features of average wind speed and strong wind days in Qaidam basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(10): 90-94.]

[15] 温泉沛, 周月华, 霍治国, 等. 气候变暖背景下东南地区暴雨洪涝灾害风险变化[J]. 生态学杂志, 2017, 36(2): 483-490. [Wen Quanpei, Zhou Yuehua, Huo Zhiguo, et al. Risk changes of storm flood disasters in Southeast China under climate[J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(2): 483-490.]

[16] 刘义花, 鲁延荣, 周强, 等. HBV水文模型在玉树巴塘河流域洪水临界雨量阈值研究中的应用[J]. 水土保持研究, 2015, 22(2): 224-228. [Liu Yihua, Lu Yangrong, Zhou Qiang, et al. Application of HBV model to the study on risk precipitation in different grades in Batang river region[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(2): 224-228.]

[17] 谢五三, 宋阿伟, 田红. 中小河流暴雨洪涝灾害风险评估及效果检验[J]. 气象科学, 2018, 38(2): 264-270. [Xie Wusan, Song Awei, Tian Hong. Risk assessment of rainstorm flood and its effects verification in medium and small river basin[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2018, 38(2): 264-270.]

[18] 刘家福, 张柏. 暴雨灾害风险评估研究进展[J]. 地理科学, 2015, 35(3): 346-350. [Liu Jiafu, Zhang Bai. Progress of rainstorm flood risk assessment[J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(3): 346-350.]

[19] 徐玉霞, 徐小明, 马楠. 县域尺度下的陕西省洪涝灾害风险评估与区划[J]. 干旱区地理, 2018, 41(2): 306-313. [Xu Yuxia, Xu Xiaoming, Ma Nan. Assessment and regionalization of flood disaster risk in Shanxi province at the county scale[J]. Arid Land Geography, 2018, 41(2): 306-313.]

[20] 林孝松, 崔梦瑞, 牟凤云, 等. 基于多情景的巫山县山洪灾害危险评价[J]. 水土保持研究, 2018, 25(6): 370-376. [Lin Xiaosong, Cui Mengrui, Mou Fengyun, et al. Assessment of hazard of flash flood disaster in Wuhan county based on multi-scenarios[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018, 25(6): 370-376.]

[21] 顾问, 谈建国, 常远勇. 1981—2013年上海地区强降水事件特

征分析[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(6): 107-114. [Gu Wen, Tan Jianguo, Chang Yuanyong. Characteristics of heavy rainfall events in Shanghai region from 1981 to 2013[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2015, 31(6): 107-114.]

[22] 赵雪燕, 王亚茹, 张钦, 等. 近50 a青藏高原东部夏半年强降水事件的气候特征[J]. 干旱区地理, 2015, 38(4): 675-683. [Zhao Xueyan, Wang Yaru, Zhang Qin, et al. Climatic characteristics of heavy precipitation events during summer half year over the Eastern Tibetan plateau in recent 50 years[J]. Arid Land Geography, 2015, 38(4): 675-683.]

[23] 李燕, 赛瀚, 刘静, 等. 辽宁省短时强降水气候特征分析[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(4): 56-63. [Li Yan, Sai Han, Liu Jing, et al. Analysis of climatic characteristics of short-time strong precipitation in Liaoning province[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2017, 33(4): 56-63.]

[24] 杨玮, 徐敏, 周顺武, 等. 江淮流域6—7月极端强降水事件时空变化及环流异常[J]. 高原气象, 2017, 36(3): 718-735. [Yang Wei, Xu Min, Zhou Shunwu, et al. Spatial-temporal variation of extreme precipitation events from June to July over Yangtze-Huaihe River basin and the circulation anomalies[J]. Plateau Meteorology, 2017, 36(3): 718-735.]

[25] 韩宁, 苗春生. 近6年陕甘宁三省5—9月短时强降水统计特征[J]. 应用气象学报, 2012, 23(6): 691-701. [Hang Ning, Miao Chunsheng. Statistics characteristics of short-time heavy precipitation in Shan-Gan-Ning region from May to September in recent 6 years[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2012, 23(6): 691-701.]

[26] 刘义花, 鲁延荣, 周强, 等. 1961—2017年青海高原降水时空变化分析[J]. 冰川冻土, 2019, 41(4): 809-817. [Liu Yihua, Lu Yanrong, Zhou Qiang, et al. Research on the spatiotemporal variation characteristics of snowfall in the Qinghai plateau from 1961 to 2017 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2019, 41(4): 809-817.]

Risk zoning of summer rainstorm disaster and its influence in Qaidam Basin

LIU Yihua[1], LI Hongmei[1], WEN Tingting[1], SHEN Hongyan[1], HANG Zhongquan[2], ZHU Baowen[3]

(1. Climate Center of Qinghai, Xining 810001, Qinghai, China; 2. Meteorology Bureau of Jigzhi, Jigzhi 624700, Qinghai, China; 3. Qinghai Meteorological Administration Training Center, Xining 810001, Qinghai, China)

Abstracts: Recently, global climate change has led to significant changes in the Qaidam Basin. Temperature and precipitation are two important indicators of climate change. Since the beginning of the 21st century, the times of heavy rain and rainstorm disaster in summer have drastically changed in the Qaidam Basin due to the driving factors of climate change and human activities. To further understand the summer rainstorm disaster and its influence on the Basin, linear regression, correlation, and smooth average analysis were performed based on ten meteorological stations from 1961 to 2018 to analyze the spatial and temporal characteristics of heavy rainfall. This paper analyzed heavy rainfall variation and its days from 1961 to 2018 in the Qaidam Basin, the risk zoning of rainstorm disaster, and its influence on industries. The results indicated: (1) a recent increasing trend of precipitation and heavy rainfall periods in summer (for the past 58 years) in the Qaidam Basin (7.5 mm and 2 times higher every decade, respectively), and a recent increasing trend of heavy rainfall periods (for the past decade) averaging 17 times, which was 6 times higher than the period from 1981 to 2010. Also, in the mid-eastern Qaidam Basin, there was a significant increase in heavy rainfall. (2) an increasing trend of rainstorm disasters from 1990 to 2018; the rate was 2.5 times higher every decade, especially in Dulan, Ulan, Tianjun, and Delingha since the 21st century, which also increased the risk of disaster. (3) the hazard factor and hazard-bearing body in Tianjun county, which belonged to the highest risk region, and Dulan, Ulan, and Delingha county, which belonged to the higher risk regions. Assessments of industries were accordingly conducted. The regionalization results agreed with the flood history records in the Qaidam Basin. Following the results, this study provided some references for the relevant government departments and insurance and agricultural production industries to help reduce rainstorm disaster losses.

Keywords: heavy rainfall; rainstorm disaster; influence; Qaidam Basin